

# ОСТАННІ НАДХОДЖЕННЯ

УДК 519.642:624.044:624.15

## РОЗРАХУНОК БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ЇХ СУМІСНОЇ РОБОТИ З ОСНОВАМИ

А. С. Моргун

І. М. Меть

В. Г. Гіневський

В статті розглянуто поведінку під статичним навантаженням збірної залізобетонної конструкції промислової будівлі з урахуванням сумісної роботи наземної частини каркасу з ґрунтовою основою. За допомогою ПК Lira змодельовано врахування вимушеного осідання опор при розрахунку горизонтальних елементів конструкцій та визначено тенденцію перерозподілу внутрішніх зусиль.

**Ключові слова:** сумісна робота, моделювання, перерозподіл внутрішніх зусиль напружено-деформований стан, осідання опор.

Постановка проблеми. Сучасному етапу розвитку методів розрахунку будівельних конструкцій властива тенденція використання числових методів та ЕОМ. Актуальність проведених досліджень обумовлена тим, що при експлуатації споруд практично завжди в наявності нерівномірні деформації їх ґрунтових основ, котрі викликають перерозподіл зусиль в окремих конструктивних елементах наземної частини споруди. Експериментальні дослідження підтверджують, що за таких умов (наявність вимушеного осідання опор) будівельний об'єкт знаходиться в деформованому стані, що викликає зміну їх напружено-деформованого стану (НДС). У залізобетонних конструкціях спостерігаються, крім пружних деформацій, також деформації непружні: текучості, повзучості, усадки, температурні, зміщення опор та інші. Через це напружено-деформований стан (НДС) будівель як в умовах експлуатації, так і на межі несучої спроможності суттєво відрізняється від стану, визначеного із розрахунку цієї ж системи як пружної. При рості навантажень, пропорційних одному параметру, НДС системи зростає в більшості випадків непропорційно цьому параметру. Співвідношення між різними напруженнями та деформаціями змінюються в доволі широких межах. Непружні деформації призводять до перерозподілу зусиль,

який нерідко здійснює значний вплив на несучу здатність конструкцій, жорсткість і тріщиностійкість.

Мета роботи – напрацювання методики взаємодії споруд з ґрунтовою основою для кількісної оцінки цієї взаємодії, впливу її на НДС та визначення резервів несучої спроможності конструкцій та їх систем, оскільки осідання опор призводить до перерозподілу зусиль, який нерідко здійснює значний вплив на несучу спроможність конструкцій, жорсткість та тріщиностійкість.

Врахування перерозподілу зусиль сприяє більш повному (якісному) відображенню процесу сумісної роботи системи в процесі експлуатації, вірній оцінці експлуатаційних якостей системи, що сприятиме проведенню заходів для покращення властивостей елементів системи, підняття жорсткості та зменшенню тріщиностійкості.

Поясненню значного перерозподілу зусиль в периферійній частині каркасу будівлі можуть слугувати цікаві дослідження Тейлора Д. В. наведені в книзі "Основи механіки ґрунтів" [4]. Досліджувався вплив осідання одного із окремих фундаментів на величину довантажень на інші фундаменти, тобто впливу нерівномірного осідання на перерозподіл реакцій в опорах балки (рис. 1).

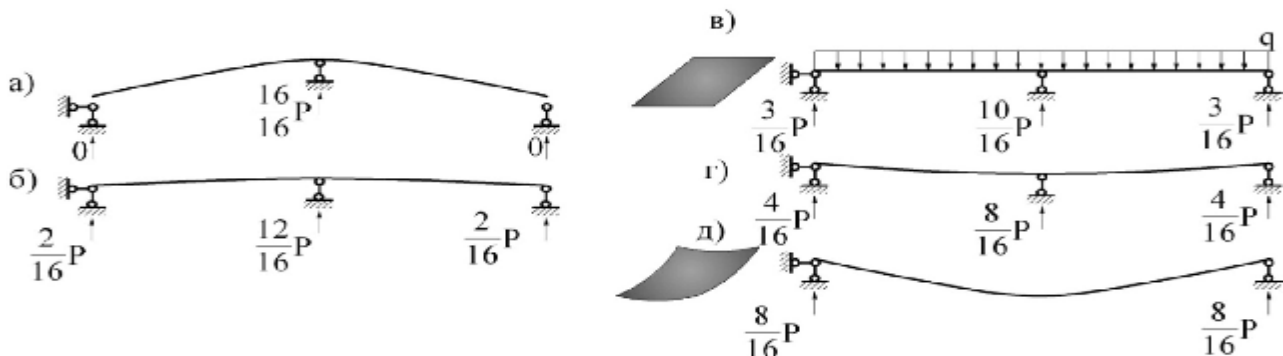


Рис. 1. Перерозподіл зусиль в опорах балках залежно від рівня розташування опор: відрив від крайніх опор (а); незначне підняття середньої опори (б); усі опори на одному рівні (в); незначне опускання середньої опори (г); завантаження на крайніх опорах

Саме цей випадок виникає в реальній роботі каркасу будівлі за умов врахування осідання основи. При значному осіданні центральної опори (крайня ситуація, рис. 4.6, д) може виникнути випадок виключення з роботи центральної опори, що призведе до зависання балки на крайніх опорах. На рис. 1, а, в відображено випадок підняття рівня середньої опори над крайніми, що може призвести до протилежної картини – зависання балки на середній опорі. В обох випадках наявність нерівномірності осідання (підняття) опори викликає значний перерозподіл зусиль, що і підтверджують дані числового моделювання каркасу будівлі. Вплив цього ефекту за висновком О. С. Городецького [2] "приводить в здивування фахівців, які визначають зусилля у вертикальних елементах за вантажними площами, а сумісний розрахунок з ґрунтовою основою показує значні відхилення".

В статті змодельовано поведінку під статичним навантаженням збірної залізобетонної ребристої плити перекриття ( $l = 6$  м) промислової будівлі нафтопереробного комплексу. Споруда, в склад якої входить плита перекриття, має попередні деформації в результаті просідання ґрунту основи через замочування з водопровідних комунікацій. Попередні деформації основи визна-

чено інструментальним обстеженням при моніторингу технічного стану системи. На основі даних по результатах досліджень конструкцій плит перекриття прольотом 6 м, отриманих на дослідному полігоні, проведено співставлення деформативних характеристик конструкції з результатами розрахунків на ПК LIRA.

Для визначення степеня відповідності моделювання НДС плити перекриття за числовим МСЕ запропонованої розрахункової моделі на ПК LIRA проведено тестування отриманих розрахунків з результатами експериментальних досліджень та з результатами відомих класичних методів будівельної механіки, рис.1 (дія розподіленого навантаження без врахування та з врахуванням вимушеного осідання опор).

При моделюванні просторової моделі плити фактичних перетинів ( $EI_y=20250$  кН·м<sup>2</sup>  $EI_y=40500$  кН·м<sup>2</sup>) тривимірними СЕ розглянуто дві умови обпирання: жорстке з обох сторін, та шарнірне закріплення правої опори й жорстко закріплену ліву опору (рис. 2). При моделюванні плити моделювалось зміщення однієї із опор на  $\Delta=2$  см. згідно даних інструментальних обстежень (рис. 2).

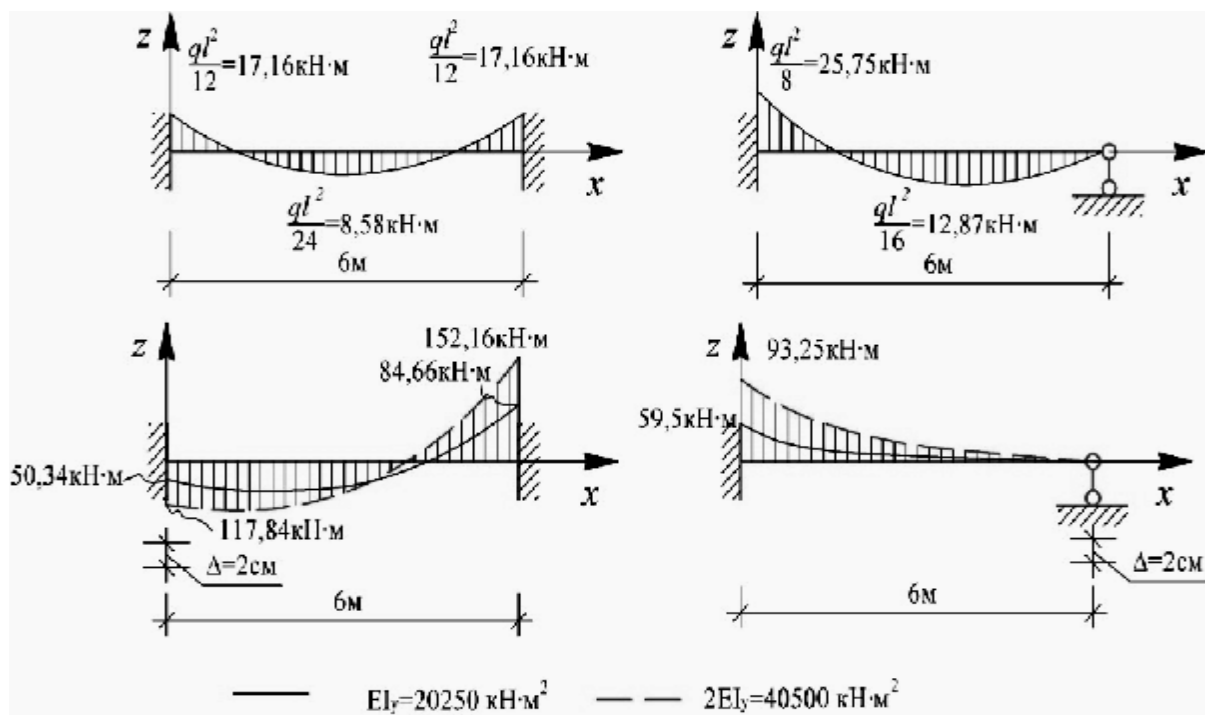


Рис. 2. Зміна згинальних моментів в горизонтальних елементах споруди при врахуванні вимушених осідань основи

Результати числового дослідження за МСЕ (методом скінчених елементів) показали, що при дії на конструкцію нерівномірних осідань використання прийнятої моделі оправдано, так як результати розрахунку співпадають з даними натурних випробувань. Таким чином, врахування в розрахунках НДС наземних конструкцій виму-

шених деформацій опор (тобто сумісної роботи з основами) приводить до більш якіснішої (реальної) картини їх НДС та виявляє значний перерозподіл зусиль. Так зусилля в горизонтальних елементах споруди (плитах) значно зростають в напрямку, протилежному вимушеному осіданню. Аналогічна картина спостерігається і в ригелях

(нерозрізних балках споруди) при врахуванні до власної ваги ще і вимушеного осідання опори, | рис. 3. Зусилля в осідаючих опорах зменшуються навіть із зміною знаку [3].

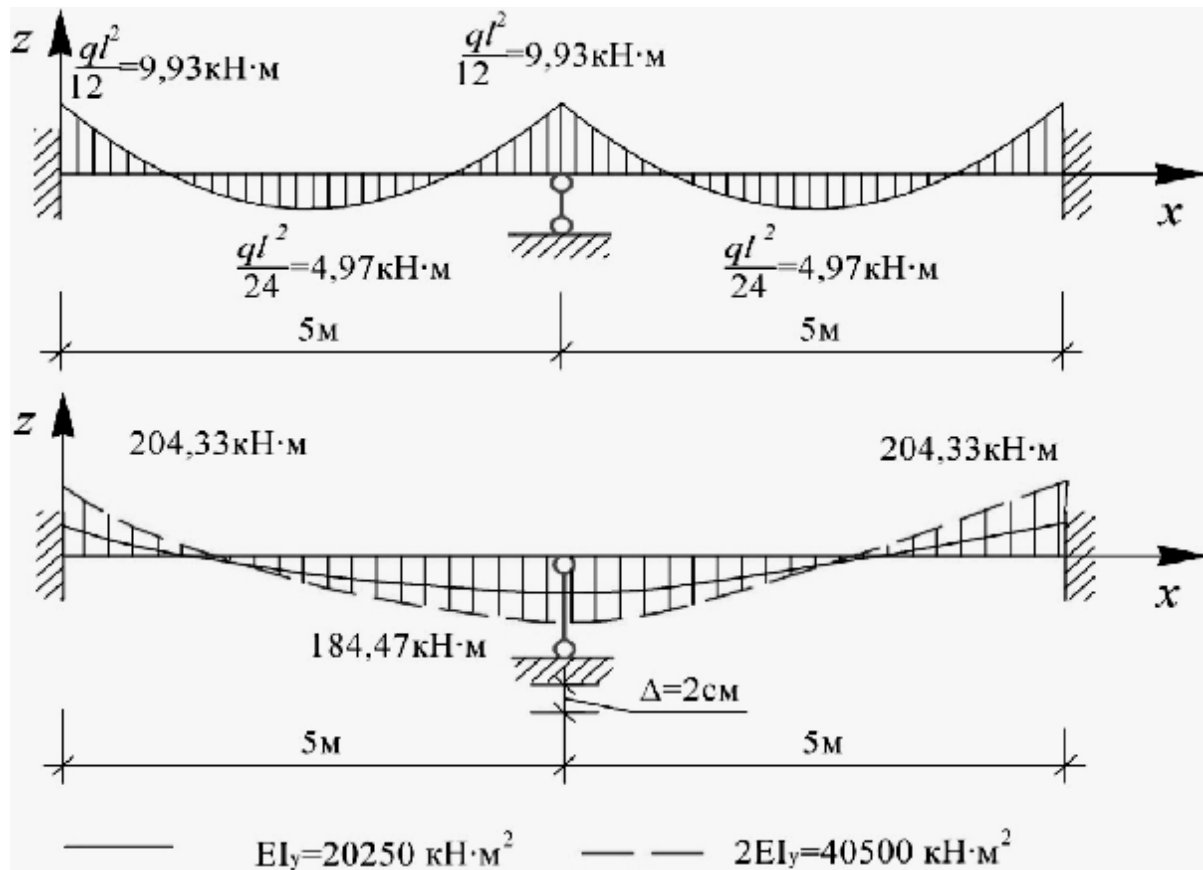


Рис. 3. Перерозподіл згинальних моментів в нерозрізних балках при врахуванні вимушеного осідання опор

#### Висновки

1. Перерозподіл зусиль в наземній частині споруди призводить до підвищення несучої спроможності системи, тому врахування цього розподілу може призвести до економії матеріалів.
2. Проектування споруд з урахуванням їх

сумісної роботи з основами є актуальним для сьогодення, оскільки дозволяє найбільш надійно та ефективно використовувати матеріал, що є доцільним, враховуючи їх всезростаючу кошторисну вартість.

#### Список використаної літератури

1. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций/ А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Издательство «Факт», 2005, – 344 с.
2. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона : проблемы, опыт, возможные решения и рекомендации, компьютерные модели, информационные технологии / А. С. Городецкий, Л. Г. Батрак, Д. А. Городецкий [и др.] – К. : Факт, 2004. – 106 с
3. Моргун А.С., Меть І.М., Ніцевич А.В. Комп'ютерні технології розрахунку фундаментних конструкцій на основі методу граничних елементів. Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2009. – 162 с.
4. Моргун А. С. Аналіз впливу пружнопластичних деформацій ґрунтів основи на перерозподіл зусиль у багатоповерхових будівлях / А. С. Моргун, І. М. Меть // Збірник наукових праць ІнБТЕГП. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2009. – № 6. – С. 27 – 32.
5. Тейлор Д. В. Основы Механики грунтов / Д. В. Тейлор ; пер. с англ. под ред. Цытовича Н. А. – М. : Госстройиздат, 1960. – 598 с.

#### Моргун А. С., Меть І. М., Гіневський В. Г. РОЗРАХУНОК БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ЇХ СУМІСНОЇ РОБОТИ З ОСНОВАМИ

В статті розглянуто поведінку під статичним навантаженням збірної залізобетонної конструкції промислової будівлі з урахуванням сумісної роботи наземної частини каркасу з ґрунтовою основою. За допомогою ПК Lira змодельовано врахування вимушеного осідання опор при розра-

хунку горизонтальних елементів конструкцій та визначено тенденцію перерозподілу внутрішніх зусиль.

**Ключові слова:** сумісна робота, моделювання, перерозподіл внутрішніх зусиль, напружено-деформований стан, осідання опор.

**Моргун А. С., Метъ И. Н., Гинеvский В. Г. РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С ОСНОВАНИЯМИ**

*В статье рассмотрено поведение под статической нагрузкой сборной железобетонной конструкции промышленного здания с учетом совместной работы наземной части каркаса с грунтовым основанием. С помощью ПК Lira смоделирован учет вынужденного смещения опор при расчете горизонтальных элементов конструкций и определены тенденции перераспределения внутренних усилий.*

**Ключевые слова:** совместная работа, моделирование, перераспределение внутренних усилий, напряженно-деформированное состояние, оседание опор.

**Morgun A., Met I., Ginevsky V. CALCULATION OF BUILDING CONSTRUCTIONS WITH SOIL BY THE COOPERATION OF THE WORK**

*Building structure in the process of its existence is in constant contact and interaction with soil basis, that is why reliable and economic design solution of the building can be obtained applying stress-strained-state analysis of joint functioning of "base-foundation-building" system.*

*Modern practice of calculation substantiation of the system "base-foundation-building" is possible only by numerical modeling and modern computers, taken into consideration real rigidity of building itself and real properties of soil of construction site.*

*The research considers the problem dealing with the character of connection between various elements of the system "base-foundation-building", considered within the limits of one problem. Modeling of stress-strained-state of above-ground level part of the system is carried out in 3D model, applying numerical method of finite elements. Mathematical model of functioning of nonlinear environment of the soil was described by Vol'ter differential equations of II-th kind, solution of which was realized by numerical method of finite elements. Analysis of the problem starts with consideration of flat frames-skeleton of the building.*

*It is defined, that in flat frames settling down of columns of the building results in considerable redistribution of efforts. Longitudinal forces in columns of peripheral area of the building are increased. Taken into consideration of building settling down leads to emerging of additional bending moments and corresponding increase of lateral forces.*

*In order to transform the obtained picture of efforts redistribution in flat frames while taking into account the work of soil basis into the category of facts for spatial models of building, numerical research of interaction of surface and underground parts of "base-foundation-building" system on real building was performed.*

*Analysis joint functioning of real building system confirms, that settling down of the building causes appearance of additional bending moments, lateral and longitudinal forces in above-ground part, which predetermine the redistribution of stress-strained-state in the building.*

**Key words:** cooperation work, modelling, redistribution internal efforts, stressed – strained state, depression of supports.

*Дата надходження в редакцію: 26.09.14 р.*

*Рецензент: к.т.н., професор Душин В.В.*